

PAT-NO: JP359151437A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 59151437 A  
TITLE: SEMICONDUCTOR DEVICE AND  
MANUFACTURE THEREOF  
PUBN-DATE: August 29, 1984

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

CHIBA, AKIO

KUNIYA, KEIICHI

ARAKAWA, HIDEO

NAMEKAWA, TAKASHI

SHIMIZU, SEIKI

MIYAZAKI, KUNIO

AKEYAMA, KENJI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

HITACHI LTD

N/A

APPL-NO: JP58024613

APPL-DATE: February 18, 1983

INT-CL (IPC): H01L021/58, B23K001/00 , C22C001/09

US-CL-CURRENT: 228/179.1, 257/E21.505

## ABSTRACT:

PURPOSE: To manufacture a semiconductor device with its characteristics improved without using W and Mo by a method wherein at least one of electrode and heat dissipating plate is made of copper-carbon fiber compound material and when they are pressure-welded into any other members, they are pressurized at  $5 \sim 100 \text{ kg/cm}^2$  by hard brazing material with melting point exceeding that of solder containing an element eutectically reacting to copper.

CONSTITUTION: When an electrode 6 is fixed to an Si semiconductor element 4 through the intermediary of a solder 5, this electrode 6 is made of copper-carbon fiber compound material 6. At this time, the arranged fiber is buried like a net or vortex to provide the thermal expansion coefficient of carbon fiber with isotropy and the thermal expansion of Cu is restricted making use of the low thermal expansion of the carbon fiber while the high thermal conduction of Cu is utilized. Next when this surface is coated with a radiating plate 9 made of Cu or Cu alloy, the radiating plate 9 is instantaneously pressure-welded at  $5 \sim 100 \text{ kg/cm}^2$  using a hard brazing material 7 made of eutectic brazing material containing an element eutectically reacting to Cu.

COPYRIGHT: (C) 1984, JPO&Japio

## ⑫ 公開特許公報 (A)

昭59-151437

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

H 01 L 21/58

B 23 K 1/00

C 22 C 1/09

識別記号

庁内整理番号

6679-5F

J 8315-4E

8019-4K

⑭ 公開 昭和59年(1984)8月29日

発明の数 2

審査請求 未請求

(全 6 頁)

## ⑮ 半導体装置およびその製造方法

⑯ 特 願 昭58-24613

⑰ 出 願 昭58(1983)2月18日

⑱ 発 明 者 千葉秋雄

日立市幸町3丁目1番1号株式  
会社日立製作所日立研究所内

⑲ 発 明 者 国谷啓一

日立市幸町3丁目1番1号株式  
会社日立製作所日立研究所内

⑳ 発 明 者 荒川英夫

日立市幸町3丁目1番1号株式  
会社日立製作所日立研究所内

㉑ 発 明 者 滑川孝

㉒ 発 明 者 清水誠喜

日立市幸町3丁目1番1号株式  
会社日立製作所日立研究所内

㉓ 発 明 者 宮崎邦夫

日立市幸町3丁目1番1号株式  
会社日立製作所日立研究所内

㉔ 出 願 人 株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内1丁目5  
番1号㉕ 代 理 人 弁理士 高橋明夫 外3名  
最終頁に続く

## 明 細 書

発明の名称 半導体装置およびその製造方法

## 特許請求の範囲

1. 電極及び放熱板の少なくとも一方が銅-炭素繊維複合材で形成され、銅-炭素繊維複合材で形成された電極及び／又は放熱板と他の部材とは硬ろう材で圧接されていることを特徴とする半導体装置。

2. 特許請求の範囲第1項において、前記硬ろう材が銅と共晶反応を生成する元素を含むこと及びはんだ以上の融点をもつろう材であることを特徴とする半導体装置。

3. 電極及び放熱板の少なくとも一方を銅-炭素繊維複合材で形成し、銅-炭素繊維複合材で形成された電極及び／又は放熱板とこれらの部材と圧接すべき他の部材との間に硬ろう材を介在させて加熱加圧し、加圧状態のままで前記銅-炭素繊維複合材中の炭素繊維の弾性による復元性がマトリックスに拘束される温度まで冷却することを特徴とする半導体装置の製造方法。

(1)

4. 特許請求の範囲第3項において、 $5 \text{ Kg/cm}^2 \sim 100 \text{ Kg/cm}^2$ で加圧することを特徴とする半導体装置の製造方法。

5. 特許請求の範囲第3項又は第4項において、前記硬ろう材が銅と共晶反応を生成する元素を含むことはんだ以上の融点をもつろう材であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

## 発明の詳細な説明

## 〔発明の利用分野〕

本発明は半導体装置及びその製造方法に係り、特に少なくとも一個のPn接合を有する半導体装置及びその製造方法に関する。

## 〔従来技術〕

半導体を搭載する電極は、半導体素子であるSiの熱膨張係数が $3.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と小さく、また、電流を通した場合、Siから発生する熱を放出させるため高熱伝導性の材料が使用される。これらの要求を満たす材料として、従来からMoやWが用いられてきた。しかしMoやWの材料は、価格高騰の傾向にあり、また軍事物資であるため

(2)

の材料の入手が困難であるのが現状である。

そのためM<sub>0</sub>やWに代る材料を用いた半導体装置が要望されていた。

#### 〔発明の目的〕

本発明の目的は、WやM<sub>0</sub>に代る材料を用い、しかも装置の特性をも向上させることができる半導体装置及びその製造方法を提供することにある。

#### 〔発明の概要〕

本発明者らは高熱伝導材料としてCuあるいはCu合金中に炭素繊維を埋込んだ銅-炭素繊維複合材を開発し、この銅-炭素繊維複合材が半導体装置に用いられていたM<sub>0</sub>やWに代りうる点を見出し、さらに銅-炭素繊維複合材の特性を損うことなく、硬ろう付けする方法を見出した結果本発明に到達したものである。

すなわち本発明は電極及び／又は放熱板の少なくとも一方が銅-炭素繊維複合材で形成され、銅-炭素繊維複合材で形成された電極及び／又は放熱板と他の部材とは硬ろう材で圧接されていることを特徴とする半導体装置であり、このような半

(3)

B(45体積%-Cu)およびC(55体積%-Cu)のいずれも高温に加熱するとマトリックスであるCuは軟化し、強制的に折曲げられた炭素繊維が弾性エネルギーが解放して元の形に戻ろうという力が働き、CuとCとの反応がなく銅-炭素繊維複合材内部に局部的に空隙が生じる原因となる。

このため体積増加した銅-炭素繊維複合材料は、熱伝導性及び電気的特性が阻害される問題がある。

銅-炭素繊維複合材料の体積増加は、C量により異なるが約500℃程度まで変化はなく、一般のはんだ付では問題は生じない。しかしBAg-8のAgろう材を用いる場合、接合温度は800～850℃の高温となり、銅-炭素繊維複合材料は500℃以上に加熱されることになる。

本発明において、銅-炭素繊維複合材料を500℃以上の温度で硬ろう材付けする場合、加熱加圧するものである。すなわち銅-炭素繊維複合材料を800℃で短時間加熱したときの体積膨張は、数秒での体積膨張は少ないことがわかった。(第5図

(5)

導体を製造するに際し、銅-炭素繊維複合材で形成された電極及び／又は放熱板とこれらの部材とを圧接すべき他の部材との間に硬ろう材を介在させて加熱加圧し、加圧状態のままで前記炭素繊維複合材中の炭素繊維の弾性による復元性がマトリックスに拘束される温度まで冷却するようにしたものである。

以下、本発明を更に詳細に説明する。

銅-炭素繊維複合材料は、炭素繊維量により熱膨張係数、熱伝導率の調整可能である。また、これらの特性は炭素繊維の配列により異ってくるが熱膨張係数の等方性をもたせるため、繊維の配列を網状あるいはうず巻状に埋込み、炭素繊維の低熱膨張を利用してCuの熱膨張を拘束するとともにCuの高熱伝導を利用することができる。

銅-炭素繊維複合材料は、高弾性の炭素繊維を強制的に折り曲げ網状あるいはうず巻状に配向し、高温、高加圧力下のホットプレスで銅-炭素板を作る。このようにして作製した銅-炭素繊維複合材料は第1図に示すようにA(35体積%-Cu)

(4)

また銅-炭素繊維複合材料を加圧する場合、加圧力を5Kg/cm<sup>2</sup>以上、望ましくは5Kg/cm<sup>2</sup>～100Kg/cm<sup>2</sup>とするのがよい。加圧力を5Kg/cm<sup>2</sup>以上とすれば加熱温度を800℃程度としても銅-炭素繊維複合材料の体積変化はほとんどなく、一方加圧力が100Kg/cm<sup>2</sup>を超えると、銅-炭素繊維複合材料がこれと接合すべき他の部材中に埋りやすくなり、特に他の部材がAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の場合割れが生じやすくなる。

したがって本発明において、銅-炭素繊維複合材料からなる電極又は放熱板と、これらと接合すべき他の部材との間に硬ろう材を介在させ、硬ろう材の接合温度に加熱すると同時に5Kg/cm<sup>2</sup>～100Kg/cm<sup>2</sup>にすることが望ましい。この場合、加熱操作は高周波誘導加熱、通電加熱等のように均一に、かつ瞬時加熱できる操作が望ましい。更に本発明において、電極及び放熱板の両方を必ずしも銅-炭素繊維複合材料で形成する必要はなく、電極及び放熱板のいずれか一方をM<sub>0</sub>やWとして他方を銅-炭素繊維複合材料で形成してもよい。

(6)

また硬ろうとしては、銀ろう、リン銅ろうその他の共晶ろう材を用いることができるが、特にCuと共晶反応を生成する元素を含む共晶ろう材が好適である。共晶ろう材の場合、ろう付するための保持時間はほとんど無く、瞬時に接合できる。また加熱加圧時、加熱状態で圧力を解放すると、銅-炭素繊維複合材料中の炭素繊維の弾性復元性が回復されるので、半導体装置の製造処理時において、銅-炭素繊維複合材料とこれと圧接すべき他の部材との間に硬ろう材を介在させ、加圧状態のままで前記銅-炭素繊維複合材料中の炭素繊維の弾性復元性がマトリックスに拘束される温度まで冷却する必要がある。ただし銅-炭素繊維複合材料中の炭素繊維の弾性復元性は、その複合材料中の銅の軟化状態がなくなれば実質的に消失するので、短時間で消失することになる。

#### 〔発明の実施例〕

第2図は本発明の半導体装置の一実施例を示し、図中、4はSiからなる半導体素子、6は銅-炭素繊維複合材、9はCuあるいはCu合金からな

(7)

オーミングガス雰囲気の中でホットプレスを行いCu-C板を作製した。

Cu-C板と放熱板あるいは絶縁板への接合は第4図に示すような方法で行った。まず、黒鉛治具16および支え板17に放熱板15、銀ろう14、Cu-C板13、黒鉛治具16を置き、加圧治具18で5Kg/cm<sup>2</sup>、10Kg/cm<sup>2</sup>、20Kg/cm<sup>2</sup>、30Kg/cm<sup>2</sup>の加圧を加え、さらに高周波コイル20で加熱した。加熱しろう材が溶けて加圧治具が移動したときの変位19の信号をコントロールボックス21で受け、高周波電源を切断する。

Cu-C板を短時間加熱したときの体積増加率を測定した結果を第5図に示す。第5図中、Aは銅-炭素繊維複合材料として35体積% C-Cu、Bは45体積% C-Cu、Cは55体積% C-Cuである。

このように短時間加熱した場合、Cu-C板の体積増加が少なく、瞬時に加熱し接合することが望ましい。

さらに第5図のDから明らかなように加圧力5

(9)

る放熱板である。第2図において、半導体素子4と銅-炭素繊維複合材6とははんだ5により接合されている。はんだ5による接合温度は250～450℃であるので通常のはんだ付けでも銅-炭素繊維複合材の特性の問題は生じない。第2図において銅-炭素繊維複合材料6と放熱板9とは硬ろう材7（本実施例ではBAg-8）により圧接される。

第3図は本発明の半導体装置の他の例を示し、第2図に示す半導体装置と異なる点は絶縁板8とCu-C繊維複合材の放熱板9及び6Cu-C繊維複合材が硬ろう材7により圧接されていることであり、他の構成は第2図の実施例と同じである。次に第4図を基に上記した半導体装置の製造方法の一例を示す。

銅-炭素繊維複合材料は、7ミクロンの炭素繊維に数ミクロンのCuのめつきを施し、3千本束とした銅-炭素繊維束をクロス状に配向し網状Cu-Cとした。網状Cu-Cは、黒鉛板にはさみ黒鉛治具を用い、1000℃、250Kg/cm<sup>2</sup>、フ

(8)

Kg/cm<sup>2</sup>以上であれば、硬ろう材の接合温度（約800℃）でも加熱時間が短くとCu-C板の体積変化はほとんどないことがわかる。

また、このような方法でろう付けした場合、ろう付け時に加圧されているため、溶湯したろう材は押し出され、薄くなりろう材部分の熱抵抗も小さく、また、接合部のボイドもほとんどみられなかつた。

以上の方法でトランジスタを組立てその特性を評価した。その結果を第6図に示す。測定法は電力を15Wとし、通電時と停止時の温度差を90℃でパワーサイクル30000回まで行い、その時の電圧変化(ΔV<sub>BE</sub>)を測定して、初期値との変化率を比較した。第6図から明らかなように、本発明によるろう付法（図中Aで示す）の場合、トランジスタは、パワーサイクル30000回繰り返しても初期値に対して、大差はなく、従来ろう付（図中Bで示す）で接合したM<sub>0</sub>に比べ変化率が少ないことがわかつた。また、Cu-C板を用いたときの測定値は、M<sub>0</sub>板を用いたときの値に比

(10)

べ良い値であり、特性は同等以上であり、従来の規格値(20000 サイクル)をこえても問題がない。

第7図は硬ろう付時、加圧力を変えて半導体装置を製造したときの半導体装置の電圧変化を調べたものである。第7図から明らかなように加圧力が $5 \text{ kg/cm}^2$ 以上であれば、電圧変化の差がないことがわかる。

#### [発明の効果]

以上のように本発明によれば、銅-炭素繊維複合材料の熱伝導性や電気的特性を損うことなく半導体装置を製造でき、また銅-炭素繊維複合材料は炭素繊維量や配列によつて熱膨張係数などの特性の調整が容易で熱伝導率の悪い $\text{Al}_2\text{O}_3$ 板を薄くして接合しても反りや $\text{Al}_2\text{O}_3$ 板の破壊がなく熱抵抗を飛躍的に改良できるので半導体装置の性能を向上させることができる。

#### 図面の簡単な説明

第1図は銅-炭素繊維複合材料の加熱温度と体積増加率との関係図、第2図は本発明の半導体装

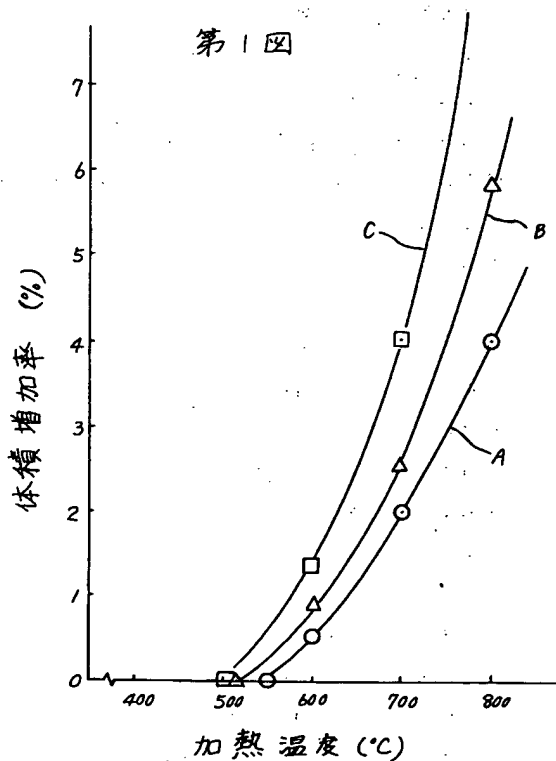
置の一例を示す断面図、第3図は本発明の半導体装置の他の例を示す断面図、第4図は本発明の半導体装置の製造方法を示すための説明図、第5図は第4図の製造方法による銅-炭素繊維複合材料の加熱時間と体積増加率との関係図、第6図はパワーサイクルと電圧変化( $\Delta V_{BE}$ )との関係図、第7図は加圧力と電圧変化( $\Delta V_{BE}$ )との関係図である。

4…半導体素子、5…はんだ、6…銅-炭素繊維複合材料、7…硬ろう材、8…絶縁板、9…放熱板、13…Cu-C板、14…銀ろう、15…放熱板、16…黒鉛治具、17…支え板、18…加圧治具、19…変位計、20…高周波コイル、21…コントロールボックス。

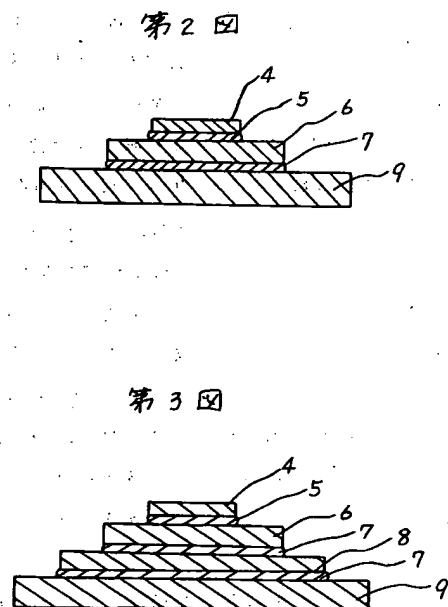
代理人 弁理士 高橋明夫



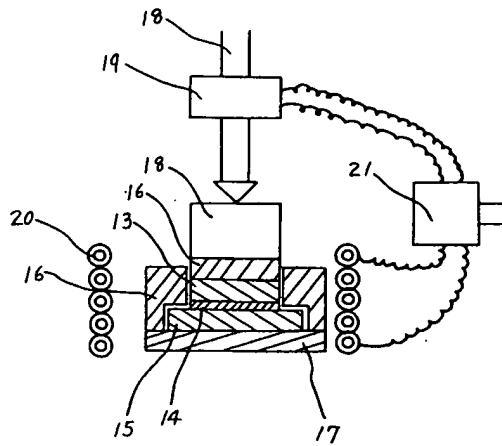
(11)



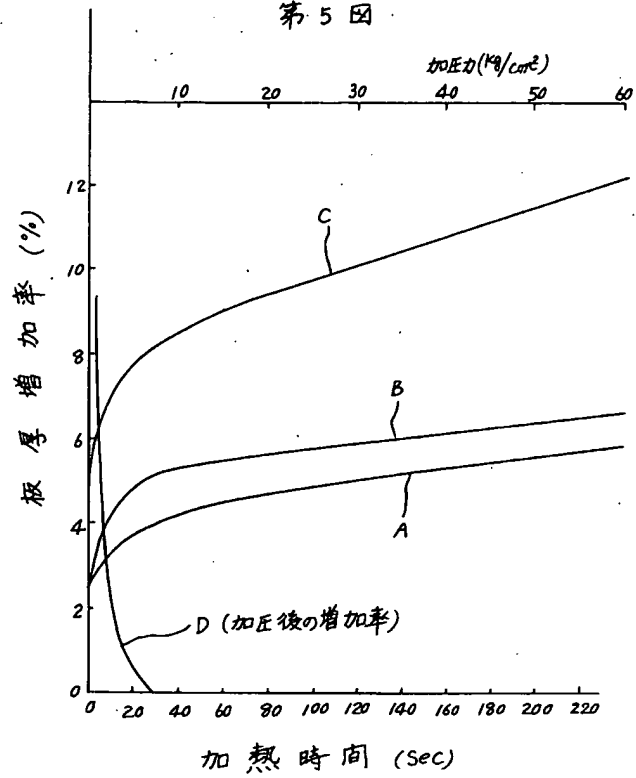
(12)



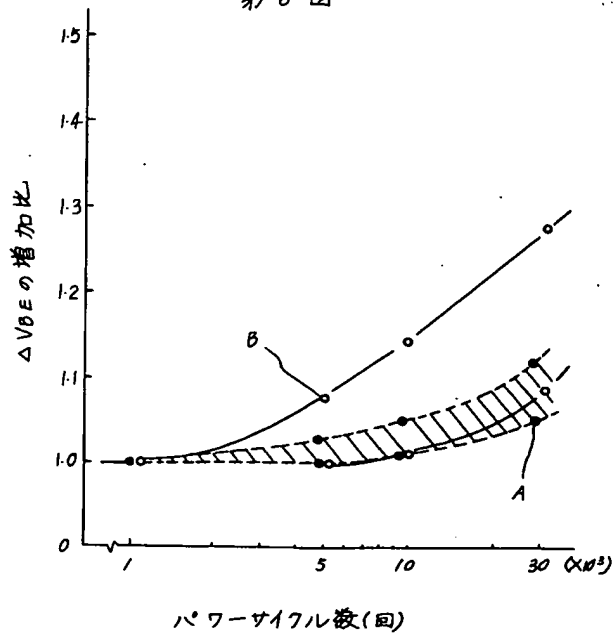
第4図



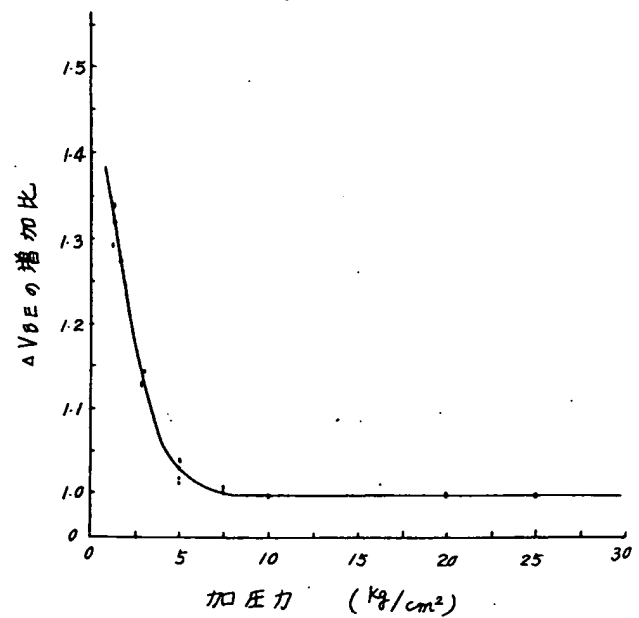
第5図



第6図



第7図





第1頁の続き

②発明者 明山健二

高崎市西横手町111番地株式会  
社日立製作所高崎工場内